

# Sistemas de presentación del avión

FERNANDO HERNANDEZ SAN MIGUEL,  
Ingeniero Jefe de la Sección de Aviónica de CASA

JOSE ANTONIO RODEA BUTRAGUEÑO,  
Ingeniero de la Sección de Cabinas

## INTRODUCCION

EN aviones de una generación anterior la información se presentaba al piloto en instrumentos electromecánicos agrupados ordenadamente en un tablero central. El piloto recibía imágenes del mundo exterior y completaba la información a través de las indicaciones asociadas a los diferentes instrumentos. En el sofisticado teatro de operaciones actual, esta solución es inadmisibles ya que la alta carga de trabajo exigida al piloto se traduciría en retrasos en la toma de decisiones incompatibles con una mínima capacidad de supervivencia.

En la concepción de un Sistema de Armas moderno (Avión de Combate), los sistemas comparten y elaboran multitud de datos al objeto de producir entre otras cosas informaciones integradas que sirvan de ayuda al piloto en la toma de decisiones durante la ejecución de una misión. La introducción de computadores con alta capacidad y rapidez de proceso, así como de medios de intercambio de datos (buses) de muy alta velocidad, hace posible el que se disponga de gran cantidad de información, muy elaborada, en todas las fases y segmentos de una misión, que contribuyen definitivamente al éxito de ésta. El problema que aparece es cómo presentar en cada momento esta información al piloto de una forma lógica y simple, que le permita su evaluación rápida disminuyendo su carga de trabajo.

La tecnología actual, basada en: aplicaciones de los tubos de rayos catódicos (CRT), el uso extensivo de la óptica, propiedades de ciertos materiales y las altas performances de los computadores modernos, hace posible encontrar soluciones óptimas a este problema.

En los apartados siguientes se describen estas soluciones que constituyen de por sí los sistemas de presentación actuales.

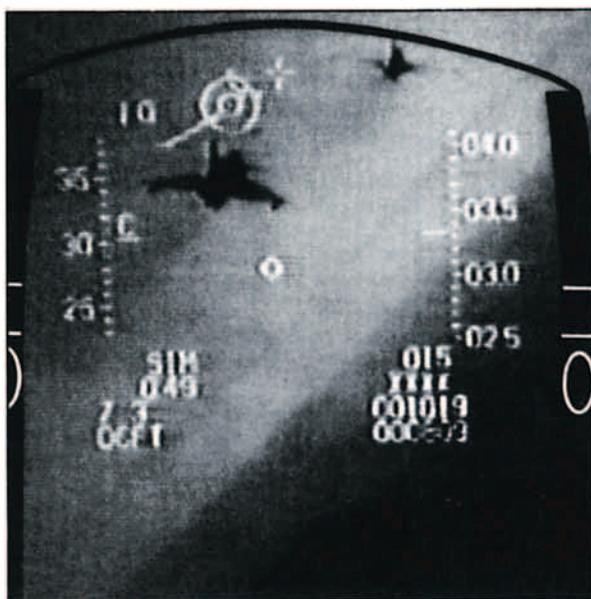
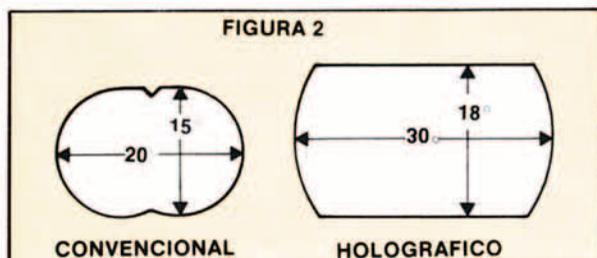
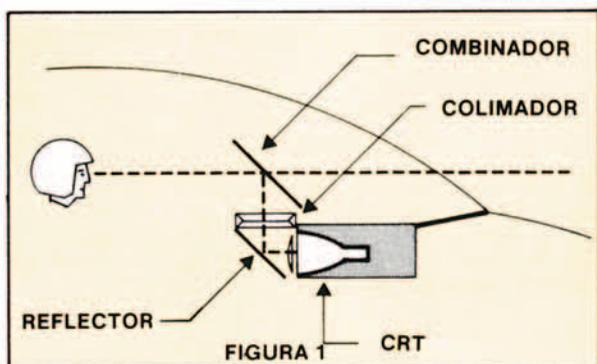


Figura 3

**HUD. HEAD UP DISPLAY**

**E**L principio en el que se basa este visualizador de información consiste en proyectar en el infinito la imagen generada por un CRT mediante un sistema óptico conocido como colimador (Ver Fig. 1). Este colimador origina un haz de rayos paralelos, que contiene la imagen, el cual se proyecta sobre un espejo semi-transparente llamado combinador, y colocado al nivel de los ojos del piloto. De esta manera el piloto ve la imagen generada superpuesta a la imagen del mundo exterior sin ningún efecto de paralelismo.

El campo de visión viene determinado por la distancia entre el ojo del piloto y el sistema óptico, así como por el tamaño de las lentes, el cual determina la apertura utilizable (Ver Fig. 2). Evidentemente, ambos factores tienen un límite físico relacionado con el espacio disponible.

La gran ventaja de este sistema es poder suministrar información al piloto sin que éste pierda la visión exterior.

Dicha información se presenta al piloto en forma de símbolos asociados a parámetros de vuelo y puntería y envolturas de disparo de armas (Ver Figura 3). Se genera mediante un computador digital que conduce el CRT, utilizando la técnica de deflexión "stroke" o modo caligráfico.

Este sistema que aparentemente parece perfecto, tiene sin embargo las siguientes limitaciones: primero, el campo de visión es muy limitado (15° en elevación, 20° en azimut) y segundo, cerca del 80% del brillo generado por el tubo de rayos catódicos se pierde entre el sistema óptico y el combinador.

Para mejorar estos factores, se han realizado intensas investigaciones que han conducido a un sistema óptico fundamentalmente distinto y el cual se describe a continuación.

**Hud difractivo u holográfico**

Este sistema tiene dos diferencias fundamentales respecto al anterior. La primera diferencia introducida en el sistema óptico es la utilización de un combinador con curvatura (Ver Figura 4). Con esto se consigue que el combinador sea ahora combinador y colimador, formando parte activa del sistema óptico.

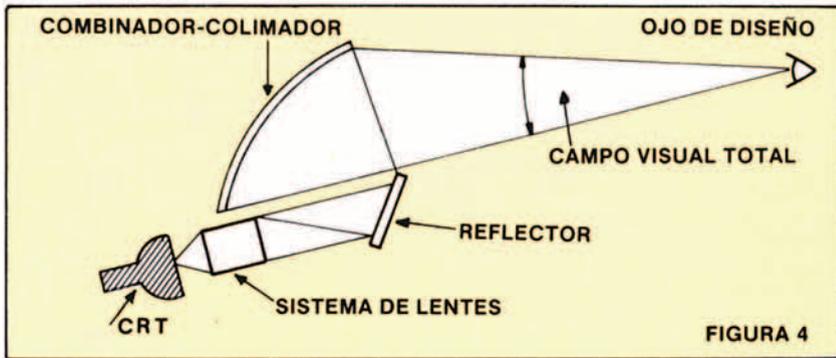


FIGURA 4

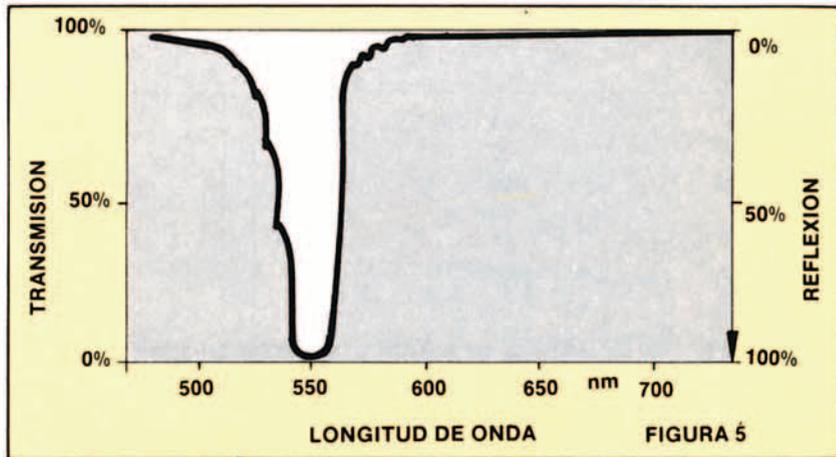


FIGURA 5

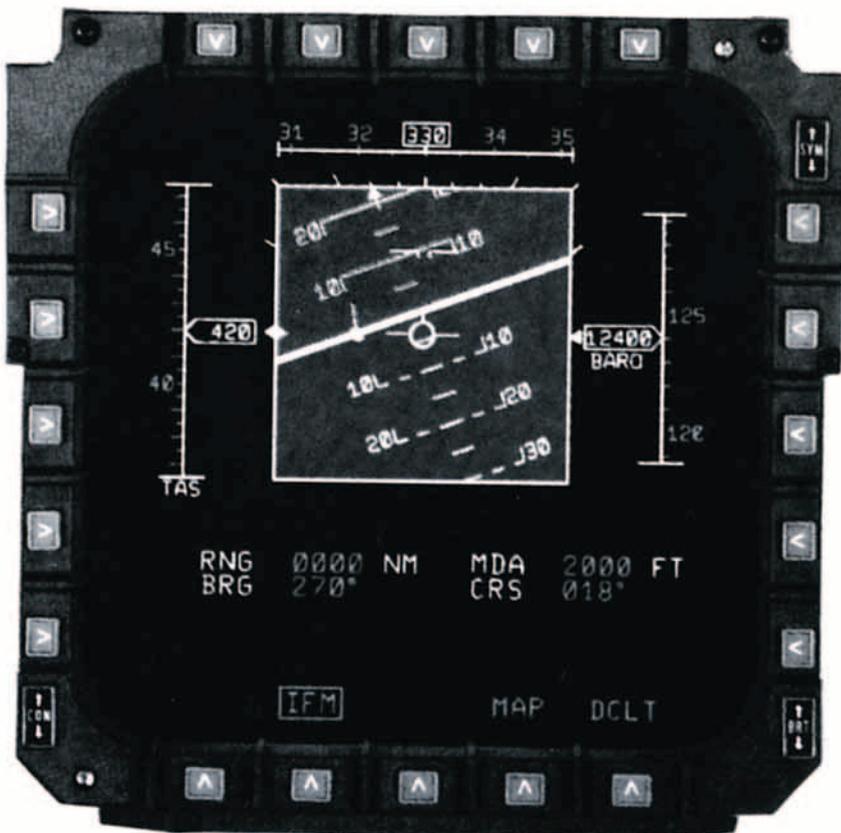


Figura 6

En consecuencia el sistema de lentes ya no colima la luz procedente del CRT, sino que la reenfoca para crear una imagen intermedia en el plano focal del combinador colimador, el cual se comporta como un espejo cóncavo haciendo parecer que la imagen esté en el infinito. Con esto se consigue que el campo de visión se incremente (18° elevación, 30° azimuth), ya que la distancia desde el ojo del piloto al combinador-colimador es menor y el tamaño de éste puede ser mayor.

La segunda diferencia consiste en incorporar una capa difractiva (u holográfica), de unos 10  $\mu\text{m}$ , colocada como un sandwich en el combinador-colimador. Esta capa actúa a modo de una red de difracción y es esencialmente un holograma de un espejo. Se fabrica exponiendo un material fotosensible (la capa) a un diagrama de luz coherente interferente producida por este espejo. El combinador-colimador se convierte con este proceso de fabricación de un "espejo" de características únicas, ya que refleja, con una eficiencia del 90% un estrecho ancho de banda de luz, está bien la producida por el fósforo del tubo de rayos catódicos (Ver Figura 5), mientras que permite una transmisión cercana al 90% del espectro de luz blanca.

De esta manera se consigue una mejora espectacular en el brillo de la simbología presentada en el combinador colimador. Este aumento de brillo permite además presentar con éxito imágenes de TV tales como las suministradas por un FLIR (Forward Looking Infra-Red), utilizando técnica de deflexión del CRT "raster" o barrido convencional, lo cual incrementa las posibilidades de vuelo nocturno al poderse presentar en el HUD una imagen térmica del mundo exterior.

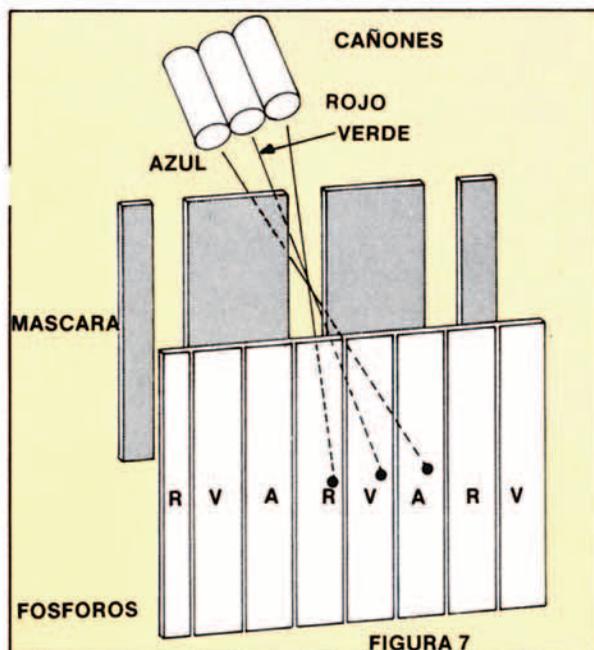


FIGURA 7

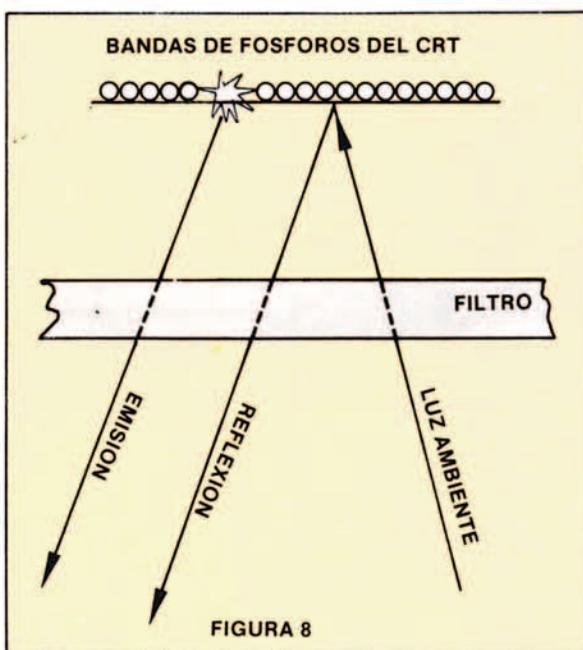


FIGURA 8

Las propiedades de este tipo de HUD, conocido en terminología inglesa como Wide-Angle Diffractive HUD, hace que su uso sea cada vez más extenso en Sistemas de Armas modernos.

### HDD (HEAD DOW DISPLAY)

El sistema descrito anteriormente limita la información presentada al piloto a datos críticos, los cuales deben ser ampliados o complementados en otros sistemas de presentación colocados en el tablero central (Ver Figura 6). Estos sistemas deberían caracterizarse también por su versatilidad, lo cual nos lleva de nuevo a aplicaciones del CRT, en este caso al tubo de rayos catódicos de color. Hacia el año 1977, se comienzan a aplicar en la presentación de datos del Radar Meteorológico y desde entonces su uso se ha extendido a la presentación de todo tipo de información.

De las muchas configuraciones propuestas, el de uso más común en aviones es el conocido como "In-line gun Trinitron" (Ver Figura 7), en el cual el cátodo del tubo está formado por una película de bandas alternadas de fósforo rojo, verde y azul, depositada sobre el cristal de la pantalla. Tres cañones electrónicos colocados en línea, proporcionan tres haces que iluminan, con la necesaria modulación, los fósforos de colores primarios.

Al objeto de conseguir una geometría perfecta en el direccionado de los haces, se incorpora una máscara superconductiva, muy cercana a la pantalla, lo que permite un alineamiento exacto de los cañones con las bandas de fósforo. Los tres haces, pasan a través de un yugo de bobinas de deflexión que permite el barrido secuencial de la pantalla, y en consecuencia, la formación de imagen.

En su aplicación en aviones civiles, este tipo de tubos se ha extendido rápidamente, ya que las características de estas aeronaves, y su tipo de explotación, no requieren a los tubos un entorno de utilización tan severo como el que se encuentra en un avión de combate moderno. En este tipo de aviones varios problemas limitan su uso: condiciones extremas de luminosidad ambiental, alto régimen de vibraciones y escasa disposición del espacio y volumen para su instalación.

La cúpula permite que el sol incida directamente sobre la pantalla cuando éste está situado detrás, originando un problema en el brillo, agravado además por el alto poder de reflexión del fósforo, del orden del 70% de la luz incidente. Los colores se desaturan y el contraste se reduce. La reflexión se puede disminuir a valores de un 15 a 20%, si se rodean los fósforos primarios de un material negro absorbente de luz (black matrix). Asimismo, se podría utilizar un filtro de alta densidad que reduzca la reflexión a expensas de atenuar el brillo, aunque ganándose en contraste.

Cuando el sol está delante, incide directamente sobre los ojos del piloto disminuyendo su capacidad de percepción. En este caso, el filtro debería ser de baja densidad para aprovechar al máximo el brillo del tubo.

La solución de compromiso es el uso de filtros de densidad media, lo cual no elimina el problema en los casos extremos de luz ambiental (Ver Figura 8).

Por otro lado, las vibraciones afectan negativamente a la máscara. Cualquier variación de esta máscara originaría distorsiones de la imagen, lo cual obliga a una construcción recia y por lo tanto pesada y costosa.

Estos problemas han hecho que los fabricantes se esfuercen en encontrar soluciones, que basadas en conceptos conocidos hace tiempo, solo son posibles mediante la aplicación de la tecnología actual. De todas ellas, se describe a continuación la más prometedora en un futuro muy cercano.

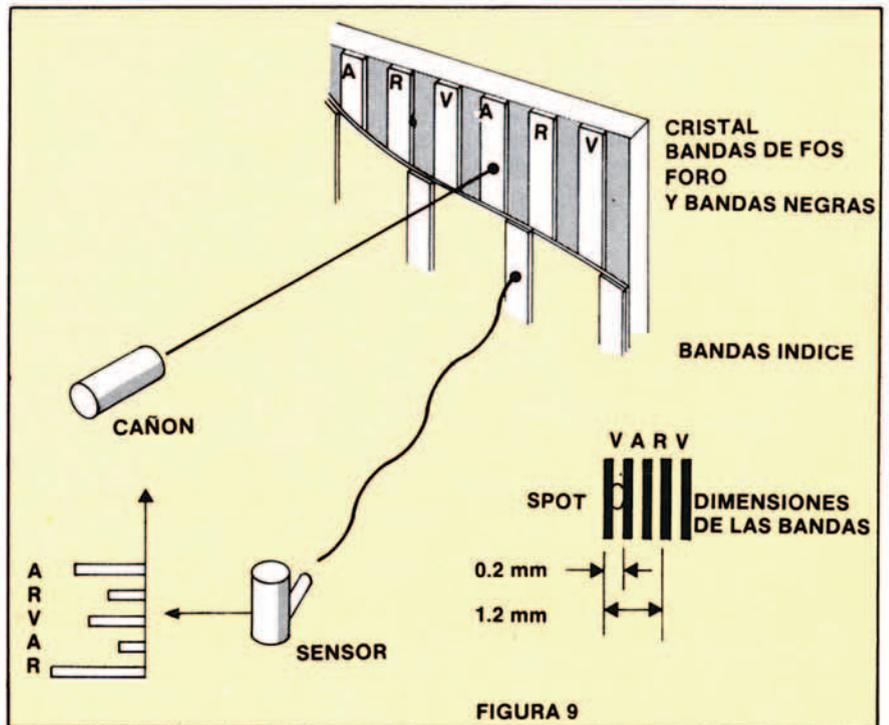


FIGURA 9

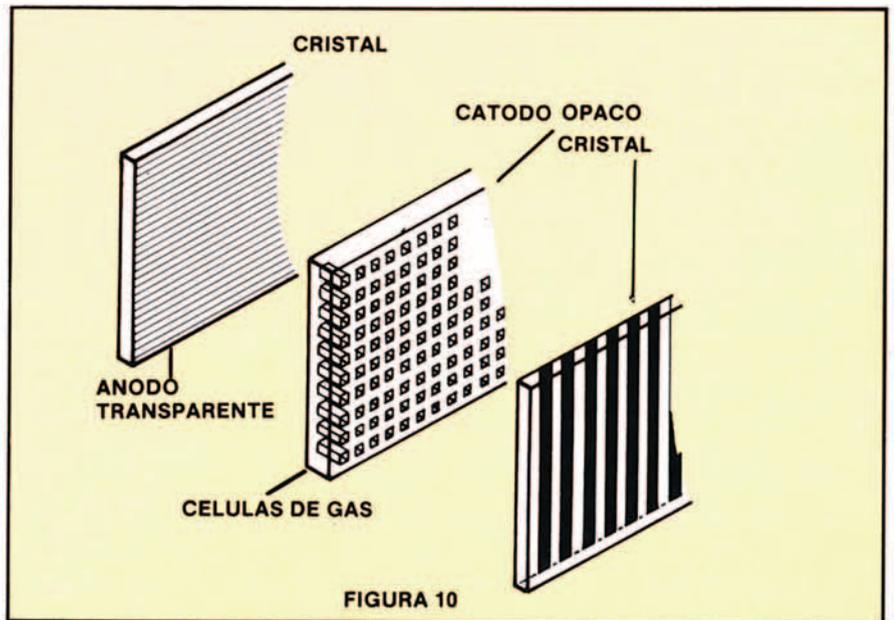


FIGURA 10

### Tubo de imagen con marcación de haz

Su concepto se conoce desde finales de los años 60. En terminología inglesa, se le llama Beam index color tube. (Ver Figura 9).

La pantalla es similar a la anterior, y en vez de utilizar una máscara para asegurar el direccionado del haz sobre un fósforo determinado, este se realiza mediante control electrónico. En este caso, es un solo cañón electrónico el que, modulado a los niveles apropiados, excita los fósforos secuencialmente en cada barrido de línea. La anchura del haz es muy estrecha para conseguir buena pureza del color, y la modulación del haz está exactamente sincronizada con su posición. La sincronización se consigue intercalando bandas de fósforo adicionales entre las bandas de colores básicos (Ver Figura 9). Estas bandas de fósforo adicionales, al ser iluminadas por el haz, emiten luz ultravioleta que es detectada por unos sensores colocados en el tubo, proporcionando así un índice (index) que sirve de base al sistema electrónico para asegurar la sincronización.

Eliminando la máscara se consigue un tubo más simple y menos pesado, incrementándose además el brillo al utilizar toda la energía del haz para excitar los fósforos y no perderse nada en la máscara.

Por otro lado, y para mejorar notablemente el problema de reflexión, además de incorporar una "black matrix", el filtro que se ha descrito en el apartado anterior es activo. Se realiza con tecnologías de cristal líquido y permite variar de una forma continua su poder de transmisión de la luz, adaptándose así a las condiciones de iluminación ambiente.

Este tipo de tubo, que es ahora posible gracias al extraordinario avance de la electrónica, mejora en buena parte los problemas apuntados anteriormente, y nuestra opinión es que estará totalmente operacional en los primeros años de la próxima década.

## DISPLAYS PLANOS

**E**L sistema de presentación ideal sería aquel que ofreciera la misma versatilidad que un CRT y ninguno de sus problemas. En esta línea, se están desarrollando actualmente toda una serie de investigaciones agrupadas en lo que se ha dado en llamar tecnologías de displays planos, de las que podemos destacar como más importantes las siguientes:

- Matriz de Descarga de Gas (Plasma).
- Matriz de Película Electroluminiscente.
- Matriz de Diodos Emisores de Luz (LED matrix).
- Matriz de Cristal Líquido (LCD matrix).

Describiremos a continuación de forma muy breve, el concepto en que se basan estas tecnologías:

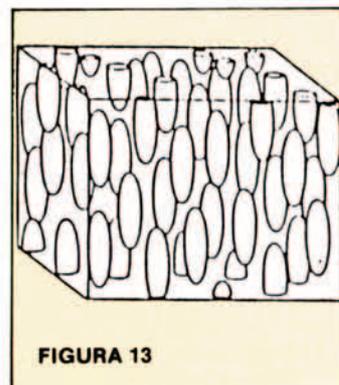
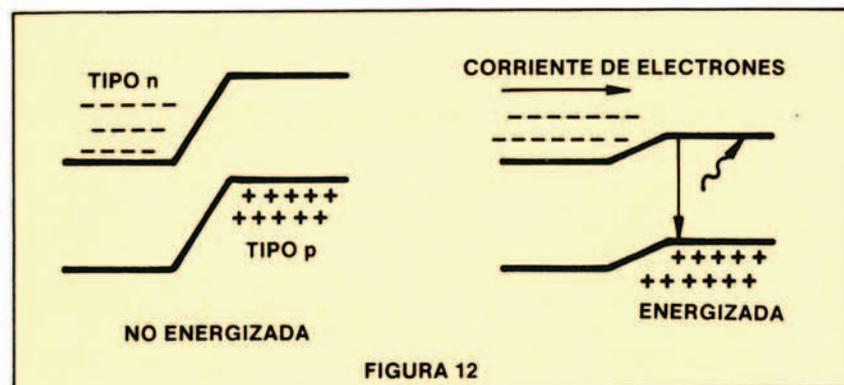
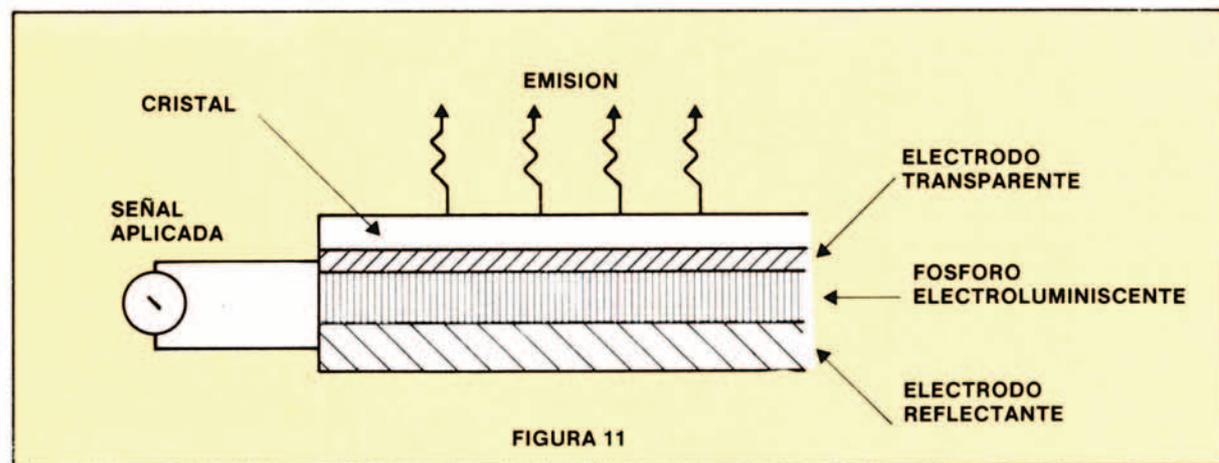
### Matriz de descarga de gas (plasma)

Está formada por un panel de células, en las que se produce la descarga, colocado entre dos placas que actúan como electrodos (Ver Figura 10). El conjunto de las tres placas se sella herméticamente encerrando una mezcla de gases en la que predomina el neón, el cual es más eficiente que otros gases en cuanto a emisión de luz.

Si este gas se sustituye por xenon, y se recubren las paredes de cada célula de un tipo de fósforo, se puede obtener color al excitar el gas, ya que este desprende radiación ultravioleta que estimula el fósforo. Es por lo tanto monocromo y necesita la aplicación de alto voltaje para vencer el umbral de excitación del gas (~ 100 voltios).

### Matriz de película electroluminiscente

Consiste en colocar en sandwich un material electroluminiscente suspendido en resina entre dos electrodos, uno de los cuales es transparente (Ver Figura 11).



Requiere alto voltaje de excitación y presenta problemas de bajo brillo y escasa fiabilidad, así como solo un reducido número de compuestos en los que el efecto de electroluminiscencia pueda tener una aplicación práctica.

### Matriz de diodos emisores de luz (LED)

Se basa en el proceso de recombinación predominantemente radioactivo producido en una unión p-n de ciertos materiales (GaP, GaAsP), y en la que la barrera de energía potencial de la unión excede de 1.8 eV al objeto de que la radiación sea visible (Ver Figura 12).

La tecnología de fabricación actual de circuitos semiconductores permite realizar una matriz monolítica formada por diodos individuales. Uno de sus mayores problemas es el de no disponerse de diodos que emitan luz azul, con lo cual no es posible la formación de imágenes en colores.

### Matriz de cristal líquido (LCD)

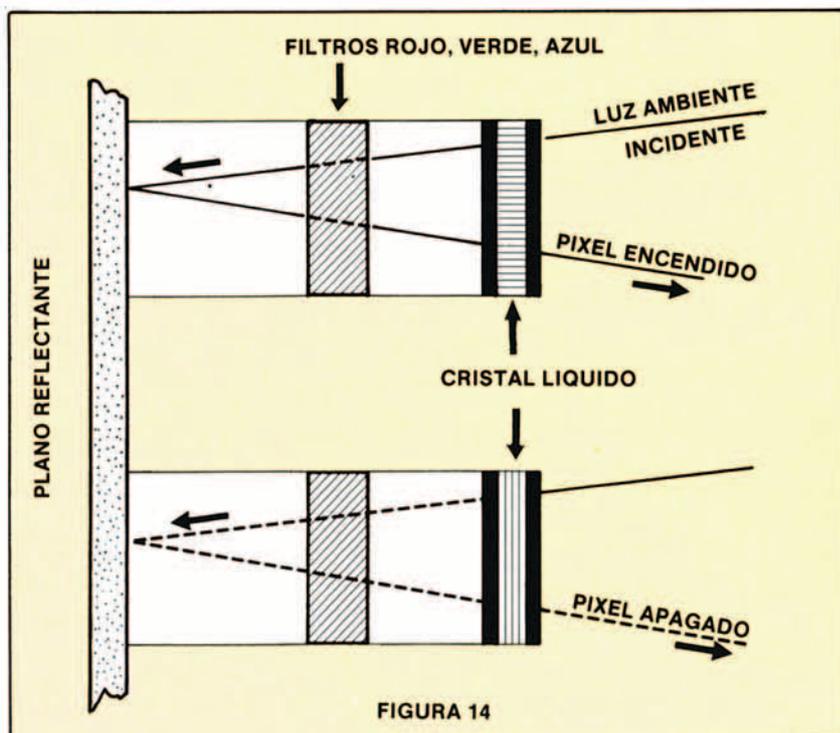
Los cristales líquidos son componentes orgánicos que presentan algunas propiedades de los líquidos, pero mantienen una estructura molecular ordenada como un cristal. Aunque muchos componentes poseen estas propiedades, solo algunos las presentan a temperatura ambiente o en un rango limitado de ésta. Sus moléculas tienen forma alargada, y en condiciones normales se distribuyen en un diagrama ordenado con su eje longitudinal mutuamente paralelo (Ver Figura 13).

Se fabrican colocando una película de cristal líquido entre dos placas transparentes, las cuales a su vez incorporan en su parte interna una capa en forma de matriz de electrodos transparentes, a los que se aplican voltajes de forma secuencial.

Estos voltajes producen efectos electroópticos que se aprovechan para modular la luz que los atraviesa. Diferentes efectos electroópticos se usan, y quizás el más común se conoce como efecto de dispersión dinámica.

Cuando un campo eléctrico de suficiente magnitud se aplica al cristal líquido, se origina un desalineamiento aleatorio de sus moléculas. La disposición de las moléculas es tal que hay regiones birrefringentes en movimiento en el líquido en turbulencia, produciéndose un fenómeno de dispersión óptica debido a gradientes irregulares del índice de refracción del líquido.

De esta forma, lo que en estado normal es un líquido transparente, se convierte en un dispersor de luz al aplicar el campo. Este efecto de "modulación" en la luz que lo atraviesa según del campo aplicado, se aprovecha para fabricar uno de los displays más común, conocido como LCD Reflectivo (Ver Figura 14).



Evidentemente, el mayor inconveniente de este tipo de displays, es que su luminancia es función de la luz ambiental, ya que ésta es la que, según el estado del cristal líquido, incide y se refleja en el plano reflector previo paso a través del filtro correspondiente que le asigna color.

Cuando el avión está a proado al sol, la iluminación en cabina es pobre, y en consecuencia, la luminancia del display también. Se pueden instalar focos artificiales en la cabina dirigidos hacia el display, pero los niveles de iluminación requeridos lo hacen impracticable.

Otras soluciones que se investigan, se basan en que el plano de reflexión sea de alguna manera activo, o sea, un emisor de luz. Varias alternativas entre emisores incandescentes, fluorescentes, etc., se están considerando y muchos problemas quedan por resolver.

A pesar de todos sus inconvenientes, este sistema de display plano está lo suficientemente desarrollado como para constituir el de más posibilidades en un futuro más cercano.

### CONCLUSION

**E**N la limitada extensión de este artículo, sólo se ha pretendido realizar un repaso de las tecnologías aplicadas en los sistemas de presentación más importantes. El objetivo ha sido el destacar el momento coyuntural en las investigaciones, y será el futuro el que determinará las soluciones más idóneas para su uso en aviones de combate modernos. ■